



L'invention concerne, de façon générale, le domaine des techniques de mesure de l'indice de Wobbe, cet indice étant représenté par le rapport du pouvoir calorifique d'un gaz combustible sur la racine carrée de la densité
5 de ce gaz.

Plus précisément, l'invention, selon un premier de ses aspects, concerne un procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe d'un gaz combustible appartenant à une famille de gaz définie par des constituants de nature chimique
10 déterminée intervenant dans des proportions relatives variables, ce procédé comprenant une procédure de mesure au cours de laquelle est effectuée une mesure de débit de ce gaz combustible.

L'indice de Wobbe constitue la principale grandeur
15 caractéristique d'un combustible gazeux et intervient à ce titre sur les réglages de combustion des brûleurs à gaz.

Ainsi, toutes choses étant égales par ailleurs, le débit calorifique d'un brûleur est proportionnel à
20 l'indice de Wobbe, et son excès d'air en dépend directement.

Les réseaux de transport et de distribution de gaz naturel étant de plus en plus maillés et alimentés par des sources d'énergie diverses, l'indice de Wobbe d'un
25 gaz de type donné peut varier dans des proportions non négligeables, par exemple de +/- 5% en un point donné d'un réseau.

Or, certains procédés industriels, dans les industries du verre et de la chaux notamment, sont
30 sensibles à ces variations au point de nécessiter la mise en oeuvre de solutions de régulation de combustion spécifiques, l'une de ces solutions consistant à intégrer le résultat d'une mesure locale de l'indice de Wobbe dans les algorithmes de régulation.

35 A ce jour, tous les appareils de mesure de l'indice de Wobbe disponibles sur le marché sont relativement complexes, et par conséquent d'un coût élevé.

Trois principes sont connus pour déterminer l'indice de Wobbe.

Le premier principe consiste à associer une mesure de pouvoir calorifique, obtenue par calorimétrie ou chromatographie, à une mesure de densité, obtenue par densitométrie ou par chromatographie.

Le seconde principe consiste à analyser les produits de combustion du gaz concerné dans un petit four où un échantillon de ce gaz est brûlé à la stœchiométrie ou en excès d'air.

Le troisième principe consiste à mesurer des caractéristiques physiques du gaz, telles que viscosité, capacité calorifique, etc... , et à faire une corrélation entre ces mesures et l'indice de Wobbe.

Deux exemples de mise en oeuvre de ce troisième principe sont décrits dans les documents de brevets DE - 41 18 781 et US - 4 384 792.

Le document DE - 41 18 781 décrit en fait un procédé visant à d'autres mesures en plus de celle de l'indice de Wobbe, ayant recours à deux fonctions de corrélation à quatre constantes, utilisant trois mesures de débit, une mesure de pression différentielle et une mesure de température, et requérant un étalonnage au méthane.

Le document US - 4 384 792 décrit un procédé de mesure de l'indice de Wobbe, ayant recours à une fonction de corrélation à trois constantes, utilisant une mesure de débit volumique, une mesure de pression différentielle et une mesure de température, et requérant un régulateur de pression et un étalonnage au moyen d'un gaz hydrogéné.

Ces techniques connues présentant donc une relative complexité, le but de l'invention est de proposer un procédé de mesure de l'indice de Wobbe plus aisé à mettre en oeuvre et, corrélativement, un dispositif sensiblement moins complexe et moins coûteux que les dispositifs connus.

A cette fin, le procédé de l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisé en ce qu'il comprend : une opération fournissant, en tant
5 que mesure de débit du gaz combustible, une mesure d'un débit massique de ce gaz combustible en écoulement sonique à travers une restriction fluidique, telle qu'un orifice ou une micro-tuyère, effectuée à une pression absolue de mesure et à une température absolue de mesure;
10 une procédure d'étalonnage au cours de laquelle est effectuée une mesure d'un débit massique d'un gaz de référence en écoulement sonique à travers la restriction fluidique, à une pression absolue de référence et à une température absolue de référence; et une procédure
15 d'évaluation au cours de laquelle l'indice de Wobbe reçoit une valeur liée, par une loi affine empirique préalablement établie pour la famille de gaz, au produit de trois facteurs, le premier facteur représentant le rapport de la mesure du débit massique du gaz combustible
20 à la mesure du débit massique du gaz de référence, le second facteur représentant le rapport d'images respectives des pressions absolues de référence et de mesure par une fonction polynomiale déterminée, et le troisième facteur représentant la racine carrée du
25 rapport des températures absolues de mesure et de référence.

Dans le cas où le gaz combustible et le gaz de référence peuvent avoir des pressions différentes, la procédure de mesure comprend une mesure de la pression
30 absolue de mesure, et la procédure d'étalonnage comprend une mesure de la pression absolue de référence.

Si les pressions absolues de mesure et de référence sont maintenues dans une plage prédéterminée, la fonction polynomiale peut être assimilée à la fonction identité,
35 l'image d'une pression (P) par la fonction polynomiale déterminée prenant ainsi la forme :

$$F(P) = P.$$

Dans le cas contraire, l'image d'une pression (P) par la fonction polynomiale déterminée prend de préférence la forme :

$$F(P) = P - k \cdot P^{(1-r)},$$

5 où k et r sont des paramètres de construction de la restriction fluidique.

Dans le cas où le gaz combustible et le gaz de référence peuvent avoir des températures différentes, la procédure de mesure comprend une mesure de la température
10 absolue de mesure, et la procédure d'étalonnage comprend une mesure de la température absolue de référence.

Dans ces conditions, le gaz de référence peut être librement choisi parmi un ensemble de gaz comprenant des gaz et mélanges gazeux non combustibles, tels que l'air
15 ou l'azote.

Le procédé de l'invention comprend avantageusement une procédure préliminaire de corrélation, au cours de laquelle la loi affine empirique est établie pour au moins deux gaz de la famille de gaz.

20 Pour l'évaluation de l'indice de Wobbe d'un gaz de la famille des gaz naturels, la loi affine empirique est définie par une ordonnée à l'origine égale à -18,40.

Dans ce cas, et si l'air comprimé est utilisé comme gaz de référence, la loi affine empirique est définie par
25 une pente égale à 19,40.

Si en revanche l'azote est utilisé comme gaz de référence, la loi affine empirique est définie par une pente égale à 19,72.

Si, toujours pour l'évaluation de l'indice de Wobbe
30 d'un gaz de la famille des gaz naturels, le méthane est utilisé comme gaz de référence, la loi affine empirique est définie par une pente égale à 33,28.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé d'évaluation de l'indice de
35 Wobbe tel que précédemment décrit, ce dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend une conduite présentant une entrée et une sortie, des moyens d'admission pour

guider sélectivement, jusqu'à l'entrée de la conduite, un flux de gaz combustible sous pression ou un flux de gaz de référence sous pression, une restriction fluidique, telle qu'un orifice ou une micro-tuyère, présentant une
5 entrée reliée à la sortie de la conduite, et une sortie, et un débitmètre massique relié à la sortie de la restriction fluidique et fournissant un signal de sortie représentatif du débit massique du gaz traversant cette restriction fluidique en écoulement sonique.

10 Dans les cas où le gaz de référence et le gaz combustible peuvent être utilisés dans des conditions différentes de pression et / ou de température, le dispositif de l'invention comprend un capteur de pression absolue et / ou un capteur de température absolue
15 installés sur la conduite.

Les moyens d'admission précédemment évoqués comprennent par exemple une première entrée principale pour le gaz combustible, une seconde entrée principale pour le gaz de référence, et des première et seconde
20 électrovalves respectivement interposées entre l'entrée de la conduite, et les première et seconde entrées principales.

Dans ce cas, le dispositif de l'invention est avantageusement équipé d'une unité logique comprenant au
25 moins trois entrées d'acquisition respectivement reliées au débitmètre, au capteur de pression et au capteur de température, et deux sorties de commande respectivement reliées aux électrovalves.

D'autres caractéristiques et avantages de
30 l'invention ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence à l'unique figure annexée, constituée par le schéma d'un dispositif conforme à l'invention.

35 Pour rendre plus concret l'exposé de l'invention, la présente description se réfèrera tout d'abord à la figure annexée, et au dispositif qu'elle représente.

Ce dispositif comprend une conduite 1 dont l'entrée 11 est reliée à une première entrée principale 81 du dispositif par une première électrovalve 21, et reliée à une seconde entrée principale 82 du dispositif par une
5 seconde électrovalve 22.

La première entrée principale 81 du dispositif est reliée en permanence à une source pressurisée du gaz combustible à analyser G1.

La seconde entrée principale 82 du dispositif est
10 reliée en permanence à une source pressurisée d'un gaz de référence G0, tel que de l'air, de l'azote ou du méthane, entre autres possibilités.

Les moyens d'admission que constituent les entrées principales 81 et 82, en combinaison avec les
15 électrovalves 21 et 22, dont chacune est commandée pour être passante pendant que l'autre est fermée, permettent donc d'acheminer à volonté, jusqu'à l'entrée 11 de la conduite 1, un flux du gaz combustible G1 sous pression, ou un flux du gaz de référence G0 sous pression.

20 Le dispositif comprend par ailleurs une restriction fluidique 3 dont l'entrée 31 est reliée à la sortie 12 de la conduite 1, et un débitmètre massique 4 relié à la sortie 32 de la restriction fluidique 3.

La restriction fluidique 3, destinée à être le
25 siège d'un écoulement sonique du gaz G0 ou G1 qui la traverse, et à offrir une résistance à cet écoulement, prend typiquement la forme d'un orifice ou une micro-tuyère dont le diamètre est par exemple de l'ordre de 0,4 millimètres.

30 Le débitmètre massique 4, connu en soi et par exemple dimensionné pour environ 300 litres normaux par heure, fournit un signal de sortie Qm représentatif du débit massique du gaz G0 ou G1 qui traverse la restriction fluidique 3 en écoulement sonique.

35 Dans le mode de réalisation permettant la plus grande précision de mesure, le dispositif de l'invention comprend également un capteur 5 de pression absolue et un

capteur 6 de température absolue, tous deux installés sur la conduite 1, c'est-à-dire disposés de manière à fournir des signaux de mesure respectifs P et T, respectivement représentatifs de la pression et de la température régnant dans cette conduite, la pression P étant typiquement inférieure à 5 bar.

La commande des électrovalves 21 et 22, et l'exploitation des signaux Qm, P et T, peuvent être confiées à une unité logique 7, qui comprend trois entrées d'acquisition 71, 72, et 73, respectivement reliées au débitmètre 4, au capteur de pression 5 et au capteur de température 6, et deux sorties de commande 74 et 75, respectivement reliées aux électrovalves 21 et 22.

Le procédé de l'invention, qui est mis en oeuvre dans ce dispositif, permet d'évaluer l'indice de Wobbe de n'importe quel gaz combustible tel que G1, sous réserve que soit identifiée la famille de gaz à laquelle appartient ce gaz, telle qu'elle est définie par les principaux constituants chimiques de ce gaz, même s'ils interviennent dans des proportions variables, et sous réserve de disposer, sur cette famille de gaz, de connaissances préalables qui seront précisées ultérieurement.

Ce procédé comprend les opérations suivantes.

Tout d'abord, l'un quelconque des gaz à utiliser, par exemple le gaz combustible G1, est autorisé à traverser la restriction 3 en écoulement sonique, et le signal Qm1 alors délivré par le débitmètre 4 est pris en compte comme mesure de débit massique du gaz combustible G1 dans la restriction 3.

Corrélativement, les signaux P1 et T1 respectivement délivrés pendant le même temps par les capteurs 5 et 6 sont pris en compte comme mesures respectives de pression absolue de mesure et de température absolue de mesure.

Le second des gaz à utiliser, en l'occurrence le gaz de référence G0, est ensuite autorisé à traverser la

restriction 3 en écoulement sonique, et le signal Q_{m0} alors délivré par le débitmètre 4 est pris en compte comme mesure de débit massique du gaz de référence G_0 dans la restriction 3.

5 Corrélativement, les signaux P_0 et T_0 respectivement délivrés pendant le même temps par les capteurs 5 et 6 sont pris en compte comme mesures respectives de pression absolue de référence et de température absolue de référence.

10 Cette phase de mesure est suivie d'une phase d'évaluation au cours de laquelle sont évalués au moins trois facteurs, qui seront notés Z_a , Z_b , et Z_c .

Le premier facteur Z_a est représenté par le rapport Q_{m1}/Q_{m0} des signaux de sortie du débitmètre 4 pour les
15 gaz G_1 et G_0 , c'est-à-dire par le rapport de la mesure du débit massique Q_{m1} du gaz combustible G_1 à la mesure du débit massique Q_{m0} du gaz de référence G_0 .

Le second facteur Z_b est représenté par le rapport $F(P_0) / F(P_1)$ de l'image $F(P_0)$ de la pression absolue de
20 référence P_0 par une fonction polynomiale déterminée F , qui sera précisée ultérieurement, à l'image $F(P_1)$ de la pression absolue de mesure P_1 par la fonction polynomiale F .

En pratique, si les pressions P_0 et P_1 sont proches
25 l'une de l'autre, et par exemple si elles ne présentent entre elles qu'une différence relative maximum de l'ordre de 2% à 3%, la fonction polynomiale F est assimilable à la fonction identité, c'est-à-dire que le rapport $F(P_0) / F(P_1)$ est simplement assimilable au rapport $P_0 /$
30 P_1 .

Et le troisième facteur Z_c est représenté par la racine carrée $(T_1/T_0)^{1/2}$ du rapport T_1 / T_0 de la température absolue de mesure T_1 à la température absolue de référence T_0 .

35 Dans ces conditions, le procédé de l'invention attribue au gaz combustible G_1 , comme indice de Wobbe, la

valeur W définie par une loi affine empirique de la forme :

$$W = A \times Y + B,$$

dans laquelle le terme Y représente le produit $Z_a \times Z_b \times Z_c$ des trois facteurs Z_a , Z_b , et Z_c , et dans laquelle
 5 le coefficient A, appelé "pente", et le coefficient B, appelé "ordonnée à l'origine", sont préalablement établis, pour les gaz de la famille de gaz considérée, d'une façon qui sera précisée ultérieurement.

10 Si le dispositif comporte des moyens permettant de rendre P_1 égal à P_0 et T_1 égal à T_0 , c'est-à-dire si :

$$(P_0 / P_1) = 1 \text{ et } (T_1/T_0)^{1/2} = 1,$$

le facteur Z_a pourra directement être assimilé au terme Y, comme le montrent aisément les relations ci-dessus et
 15 le fait que les facteurs Z_b et Z_c sont alors tous deux égaux à 1.

Dans le cas où les pressions P_0 et P_1 sont en revanche différentes l'une de l'autre, et présentent par exemple entre elles une différence relative supérieure à
 20 3%, la fonction polynomiale F n'est plus assimilable à la fonction identité, c'est-à-dire que l'image $F(P)$ d'une pression P par cette fonction F n'est plus assimilable à la pression P elle-même, mais doit être corrigée d'un facteur noté C_p et égal à $1 - k \cdot P^{-r}$.

25 Le facteur noté C_p permet en fait de tenir compte de l'effet qu'a la couche limite, due à la viscosité du gaz qui traverse la restriction 3, sur les caractéristiques d'écoulement de ce gaz, les paramètres k et r intervenant dans le facteur C_p étant des paramètres de construction de
 30 la restriction fluïdique 3 qui peuvent soit être fournis par le fabricant de cette restriction, soit être déterminés par des techniques bien connues de l'homme de métier.

Dans un exemple particulier de réalisation de
 35 l'invention, le facteur C_p pour une restriction déterminée a pu être assimilé à $1 - 0,881 \cdot P^{-4,9}$.

Quelles que soient les valeurs particulières de k et r , l'image d'une pression P par la fonction polynomiale F prend donc la forme :

$$F(P) = P - k \cdot P^{1-r},$$

5 et le second facteur Z_b , qui est représenté par le rapport $F(P_0) / F(P_1)$, prend la forme :

$$Z_b = (P_0 - k \cdot P_0^{1-r}) / (P_1 - k \cdot P_1^{1-r}).$$

Dans le cas de l'évaluation de l'indice de Wobbe d'un gaz de la famille des gaz naturels, l'ordonnée à l'origine B de la loi affine empirique $W = A \times Y + B$ prend
10 la valeur - 18,40.

Si par ailleurs, pour cette même application, l'air comprimé est utilisé comme gaz de référence G_0 , la pente A de la loi affine empirique $W = A \times Y + B$ prend la valeur
15 19,40, cette loi étant donc globalement définie par la relation :

$$W = 19,40 \times Y - 18,40,$$

c'est-à-dire encore par :

$$W = 19,40 \times Z_a \times Z_b \times Z_c - 18,40.$$

20 Dans le cas de l'évaluation de l'indice de Wobbe d'un gaz de la famille des gaz naturels, et de l'utilisation d'azote comme gaz de référence G_0 , la pente A de la loi affine empirique $W = A \times Y + B$ prend la valeur 19,72, cette loi étant donc globalement définie par la
25 relation :

$$W = 19,72 \times Y - 18,40,$$

c'est-à-dire encore par :

$$W = 19,72 \times Z_a \times Z_b \times Z_c - 18,40.$$

Dans le cas de l'évaluation de l'indice de Wobbe d'un gaz de la famille des gaz naturels, et de l'utilisation de méthane pur comme gaz de référence G_0 , la pente A de la loi affine empirique $W = A \times Y + B$ prend la valeur 33,28, cette loi étant donc globalement définie par la relation :

35 $W = 33,28 \times Y - 18,40,$

c'est-à-dire encore par :

$$W = 33,28 \times Z_a \times Z_b \times Z_c - 18,40.$$

Comme le montrent les exemples précédents, l'invention permet le libre choix du gaz de référence G0, de sorte qu'il est possible d'utiliser, comme gaz de référence, des gaz et mélanges gazeux non combustibles et
5 donc peu coûteux, tels que l'air ou l'azote.

Dans le cas de l'évaluation de l'indice de Wobbe d'un gaz n'appartenant pas à la famille des gaz naturels, et / ou de l'utilisation, en tant que gaz de référence G0, d'un gaz différent de ceux pour lesquels la loi
10 affine empirique $W = A \times Y + B$ a été définie ci-dessus, le procédé de l'invention doit inclure une procédure préliminaire de corrélation, au cours de laquelle la loi affine empirique $W = A \times Y + B$ est établie pour au moins deux gaz G11 de la nouvelle famille de gaz
15 combustibles considérée, et / ou pour au moins un gaz de référence G0 tel que l'air, l'azote ou le méthane, ou pour un autre gaz de référence G00.

Cette procédure préliminaire de corrélation peut aisément être mise en oeuvre d'une part en mesurant les
20 facteurs tels que Zai, Zbi, et Zci, respectivement obtenus pour différents gaz combustibles Gli de la nouvelle famille de gaz avec un même gaz de référence, d'autre part en mesurant directement, par une technique différente de celle de l'invention et par exemple par
25 l'une des techniques traditionnelles connues, les indices de Wobbe tels que Wi de ces mêmes gaz combustibles, et enfin en résolvant, de façon bien connue en soi, le système d'équations du premier degré du type $W_i = A \times Z_{ai} \times Z_{bi} \times Z_{ci} + B$ pour obtenir les valeurs à donner aux
30 paramètres A et B, a priori inconnus, qui doivent être utilisés conformément au procédé de l'invention pour cette nouvelle famille de gaz.

D'un point de vue physique, la mesure de débit massique Qm pour un gaz tel que G0 ou G1, réalisée dans
35 les conditions exposées précédemment en référence à la figure, est liée à une grandeur dite "débit massique normal" et notée Q par la relation :

$$Q_m = Q / C,$$

dans laquelle C est un coefficient correcteur qui dépend de diverses propriétés physiques du gaz réel pour lequel la mesure est effectuée, et plus précisément de sa
 5 capacité calorifique, de sa viscosité, et de sa conductivité thermique.

Pour un gaz de composition connue, le coefficient correcteur C de ce gaz est lié aux différents coefficients correcteurs C_j de ses constituants par la
 10 relation :

$$(1 / C) = \sum (X_j / C_j),$$

les différents coefficients C_j étant donnés dans des tables établies par les fabricants de débitmètres massiques, et chaque X_j représentant la fraction
 15 volumique du constituant j.

Le débit massique normal Q satisfait lui-même la relation :

$$Q = k \times C_D \times C_R \times P / (T \times d)^{1/2}$$

dans laquelle :

20 k est un paramètre de construction de la restriction 3, déjà évoqué,

C_D est un facteur de correction de la forme $1 - k \cdot P^{-1/2}$, déjà évoqué,

P est la pression absolue du gaz considérée, telle
 25 qu'elle est mesurée par le capteur 5,

T est la température absolue du gaz considérée, telle qu'elle est mesurée par le capteur 6,

d est la densité du gaz considéré, et

C_R est le coefficient de gaz réel de la restriction
 30 3, qui ne dépend, pour le gaz réel qui fait l'objet des mesures, que du rapport γ de la chaleur spécifique C_p de ce gaz à pression constante, à sa chaleur spécifique C_v à volume constant, le coefficient C_R prenant la forme :

$$C_R = (\gamma)^{1/2} \times (2 / (\gamma + 1))^{(\gamma + 1) / 2 \times (\gamma - 1)},$$

35 le rapport γ étant typiquement de l'ordre de 0,67 pour le méthane et les gaz naturels, et de 0,69 pour l'air et l'azote.

Dans ces conditions, les relations ci-dessus permettent de montrer que :

$$Y = (Q_{m1} / Q_{m0}) \times (C_{D0} / C_{D1}) \times (P_0 / P_1) \times (T_1/T_0)^{1/2},$$
et que :

5
$$Y = (C_0 / C_1) \times (C_{R1} / C_{R0}) \times (d_0/d_1)^{1/2},$$

où C_0 et C_1 désignent respectivement le coefficient correcteur C pour le gaz de référence G_0 et pour le gaz combustible G_1 , où C_{R1} et C_{R0} désignent respectivement le coefficient de gaz réel de la restriction 3 pour le gaz
10 combustible G_1 et pour le gaz de référence G_0 , et où d_0 et d_1 désignent respectivement la densité du gaz de référence G_0 et celle du gaz combustible G_1 .

D'un point de vue physique, le procédé de l'invention peut donc être analysé comme reposant sur la
15 mise en évidence d'une loi affine empirique liant l'indice de Wobbe W de chaque gaz combustible à chacune des expressions ci-dessus du terme Y .

REVENDICATIONS

1. Procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe d'un
5 gaz combustible (G1) appartenant à une famille de gaz
définie par des constituants de nature chimique
déterminée intervenant dans des proportions relatives
variables, ce procédé comprenant une procédure de mesure
au cours de laquelle est effectuée une mesure de débit de
10 ce gaz combustible, caractérisé en ce qu'il comprend :
- une opération fournissant, en tant que mesure de
débit du gaz combustible, une mesure (Qm1) d'un débit
massique de ce gaz combustible (G1) en écoulement sonique
à travers une restriction fluidique (3), telle qu'un
15 orifice ou une micro-tuyère, effectuée à une pression
absolue de mesure (P1) et à une température absolue de
mesure (T1),
- une procédure d'étalonnage au cours de laquelle est
effectuée une mesure (Qm0) d'un débit massique d'un gaz
20 de référence (G0) en écoulement sonique à travers la
restriction fluidique (3), à une pression absolue de
référence (P0) et à une température absolue de référence
(T0), et
- une procédure d'évaluation au cours de laquelle
25 l'indice de Wobbe reçoit une valeur (W) liée, par une loi
affine empirique ($W = A \times Y + B$) préalablement établie
pour la famille de gaz, au produit (Y) de trois facteurs
(Za, Zb, Zc), le premier facteur (Za) représentant le
rapport (Qm1/Qm0) de la mesure du débit massique (Qm1) du
30 gaz combustible (G1) à la mesure du débit massique (Qm0)
du gaz de référence (G0), le second facteur (Zb)
représentant le rapport $(F(P0)/F(P1))$ d'images
respectives (F(P0), F(P1)) des pressions absolues de
référence (P0) et de mesure (P1) par une fonction
35 polynomiale déterminée (F), et le troisième facteur (Zc)
représentant la racine carrée $((T1/T0)^{1/2})$ du rapport

(T1/T0) des températures absolues de mesure (T1) et de référence (T0).

2. Procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la
5 procédure de mesure comprend une mesure de la pression absolue de mesure (P1), et en ce que la procédure d'étalonnage comprend une mesure de la pression absolue de référence (P0).

3. Procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe
10 suivant la revendication 2, caractérisé en ce que les pressions absolues de mesure et de référence (P1, P0) sont maintenues dans une plage prédéterminée, et en ce que la fonction polynomiale (F) est constituée par la fonction identité, l'image d'une pression (P) par la
15 fonction polynomiale déterminée (F) prenant ainsi la forme :

$$F(P) = P .$$

4. Procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe suivant la revendication 2, caractérisé en ce que l'image
20 d'une pression (P) par la fonction polynomiale déterminée (F) prend la forme :

$$F(P) = P - k . P^{(1-r)},$$

où k et r sont des paramètres de construction de la restriction fluïdique (3).

25 5. Procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la procédure de mesure comprend une mesure de la température absolue de mesure (T1), et en ce que la procédure d'étalonnage comprend une mesure de
30 la température absolue de référence (T0).

6. Procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le gaz de référence (G0) est librement choisi parmi un ensemble de gaz comprenant des
35 gaz et mélanges gazeux non combustibles, tels que l'air ou l'azote.

7. Procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une procédure préliminaire de corrélation, au cours de laquelle la loi affine empirique ($W = A \times Y + B$) est établie pour au moins
5 deux gaz de la famille de gaz.

8. Procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, pour l'évaluation de l'indice de
10 Wobbe d'un gaz de la famille des gaz naturels, la loi affine empirique ($W = A \times Y + B$) est définie par une ordonnée à l'origine (B) égale à -18,40.

9. Procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe suivant la revendication 8, caractérisé en ce que l'air comprimé est utilisé comme gaz de référence (G0), et en
15 ce que la loi affine empirique ($W = A \times Y + B$) est définie par une pente (A) égale à 19,40.

10. Procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe suivant la revendication 8, caractérisé en ce que l'azote
20 est utilisé comme gaz de référence (G0), et en ce que la loi affine empirique ($W = A \times Y + B$) est définie par une pente (A) égale à 19,72.

11. Procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe suivant la revendication 8, caractérisé en ce que le méthane est utilisé comme gaz de référence (G0), et en ce
25 que la loi affine empirique ($W = A \times Y + B$) est définie par une pente (A) égale à 33,28.

12. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé d'évaluation de l'indice de Wobbe suivant l'une
30 quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une conduite (1) présentant une entrée (11) et une sortie (12), des moyens d'admission (21, 22, 81, 82) pour guider sélectivement, jusqu'à l'entrée (11) de la conduite, un flux de gaz combustible (G1) sous
35 pression ou un flux de gaz de référence (G0) sous pression, une restriction fluidique (3), telle qu'un orifice ou une micro-tuyère, présentant une entrée (31)

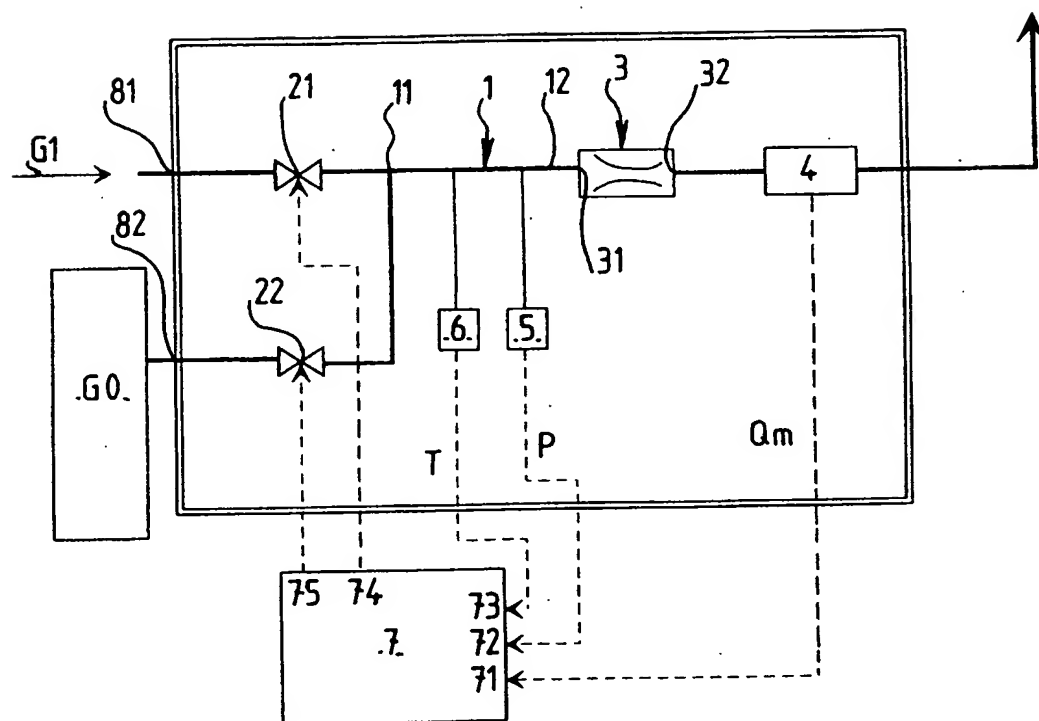
reliée à la sortie (12) de la conduite (1), et une sortie (32), et un débitmètre massique (4) relié à la sortie (32) de la restriction fluidique (3) et fournissant un signal de sortie (Q_m) représentatif du débit massique (4) du gaz traversant cette restriction fluidique (3) en écoulement sonique.

13. Dispositif suivant la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comprend un capteur (5) de pression absolue installé sur la conduite (1).

10 14. Dispositif suivant la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce qu'il comprend un capteur (6) de température absolue installé sur la conduite (1).

15 15. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que les moyens d'admission (21, 22, 81, 82) comprennent une première entrée principale (81) pour le gaz combustible (G_1), une seconde entrée principale (82) pour le gaz de référence (G_0), et des première et seconde électrovalves (21, 22) respectivement interposées entre l'entrée (11) de la
20 conduite (1), et les première et seconde entrées principales (81, 82).

16. Dispositif suivant les revendications 12 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend une unité logique (7) comprenant au moins trois entrées d'acquisition (71, 72, 73) respectivement reliées au débitmètre (4), au capteur de pression (5) et au capteur de température (6), et deux
25 sorties de commande (74, 75) respectivement reliées aux électrovalves (21, 22).

$\frac{1}{1}$ 



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

2818746

N° d'enregistrement
national

FA 597046
FR 0017048

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
D,A	US 4 384 792 A (SOMMERS HANS ET AL) 24 mai 1983 (1983-05-24) * colonne 5, ligne 48 - colonne 10, ligne 50; figures 1-9 *	1-16	G01N33/22
A	EP 0 469 649 A (TOKYO GAS CO LTD ;OVAL ENG CO LTD (JP)) 5 février 1992 (1992-02-05) * colonne 3, ligne 18 - colonne 8, ligne 23; figures 1-7 *	1-16	
D,A	DE 41 18 781 A (RMG MESSTECHNIK GMBH) 10 décembre 1992 (1992-12-10) * le document en entier *	1,12	
A	FR 2 792 415 A (AIR LIQUIDE) 20 octobre 2000 (2000-10-20) * le document en entier *	1,12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			G01N
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 septembre 2001		Bosma, R	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	